

BEST AVAILABLE COPY

①

Searching PAJ

1/1 ページ

Cite No. 3.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(31)Publication number : 10-270754  
 (43)Date of publication of application : 09.10.1998

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
H01S 3/18

(21)Application number : 09-069421  
 (22)Date of filing : 24.03.1997

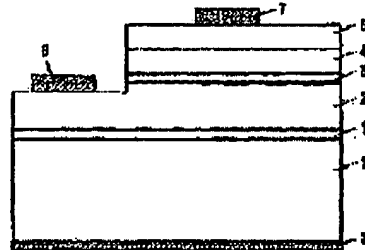
(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO. LTD.  
 (72)Inventor : YAGI KATSUMI  
 UEDA YASUHIRO

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE AND LIGHT-EMITTING LAMP

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light-emitting device having improved optical output.

SOLUTION: There are formed on a sapphire substrate 1, in the following order, an AlGaIn buffer layer 21, an n-type GaN clad layer 2 which also serves as an n-side contact layer, an n-type InGaIn active layer 3, a p-type AlGaIn clad layer 4 and a p-type GaN contact layer 5. A portion of layers covering from the p-type GaN contact layer 5 to a predetermined depth of the n-type GaN clad layer 2 is removed to permit the n-type GaN clad layer 2 to be exposed. An n-side electrode 6 is formed on the exposed n-type GaN clad layer 2, while a p-side electrode 7 is formed on the p-type GaN contact layer 5. Then, a metal reflection film 8 is formed on the reverse side of the sapphire substrate 1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.10.2000  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number] 3439083  
 [Date of registration] 13.06.2003  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998-2003 Japan Patent Office

<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAACoagFPDA410270754...> 2005/12/14

①

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-270754

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H01L 33/00  
H01S 3/18

識別記号

F I  
H01L 33/00  
H01S 3/18

C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-89421  
(22) 出願日 平成9年(1997)3月24日

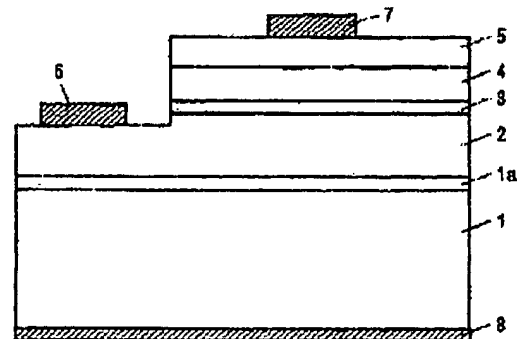
(71) 出願人 000001889  
三洋電機株式会社  
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号  
(72) 発明者 八木 克己  
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三  
洋電機株式会社内  
(72) 発明者 上田 康博  
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三  
洋電機株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 福島 祥人

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子および発光ランプ

(57) 【要約】

【課題】 光出力が向上された半導体発光素子を提供することである。

【解決手段】 サファイヤ基板1上にAlGaInバッファ層1a、n側コンタクト層を兼ねるn型GaInクラッド層2、n型InGaIn活性層3、p型AlGaInクラッド層4およびp型GaInコンタクト層5が順に形成される。p型GaInコンタクト層5からn型GaInクラッド層2の所定深さまでの一部領域が除去され、n型GaInクラッド層2が露出している。露出したn型GaInクラッド層2上にn側電極6が形成され、p型GaInコンタクト層5上にp側電極8が形成される。サファイヤ基板1の表面に金属反射膜8が形成される。



(2)

特開平 10-270754

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透光性基板に発光層を含む複数の半導体層が積層されるとともに、前記透光性基板の裏面に前記発光層により発生された光を反射する反射層が形成されたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記発光層はガリウムおよび亜鉛を含むことを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記反射層は金属膜であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記反射層は、複数の誘電体層が積層されてなる誘電体反射膜であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 前記誘電体反射膜は、第 1 の屈折率を有する第 1 の誘電体層と前記第 1 の屈折率よりも大きい第 2 の屈折率を有する第 2 の誘電体層とが交互に積層されてなることを特徴とする請求項 4 記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記反射層が凹凸形状を有することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 リードフレーム上に半導体発光素子が接着されてなる発光ランプにおいて、前記半導体発光素子は、透光性基板に発光層を含む複数の半導体層が積層されるとともに、前記透光性基板の裏面に前記発光層により発生される光を反射する反射層が形成されてなることを特徴とする発光ランプ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体発光素子およびそれを用いた発光ランプに関する。

【0002】

【従来の技術】 直接遷移型のバンド構造を有する窒化ガリウム (GaN) は、青色あるいは紫色の光を発生する発光ダイオード、半導体レーザ素子等の半導体発光素子の材料として注目されている。しかしながら、GaN からなる基板が存在しないため、GaN 系半導体発光素子を作製する際には、サファイヤ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 等の絶縁性基板上に各層をエピタキシャル成長させている。

【0003】 図 12 は従来の GaN 系発光ダイオードの構造を示す模式的断面図である。図 12 において、サファイヤ基板 1 上に、AlGaIn パッファ層 1a、n 側コンタクト層を兼ねる n 型 GaN クラッド層 2、n 型 InGaIn 活性層 (発光層) 3、p 型 AlGaIn クラッド層 4 および p 型 GaN コンタクト層 5 が順に形成されている。p 型 GaN コンタクト層 5 から n 型 GaN クラッド層 2 の所定深さまでの一部領域が除去され、n 型 GaN クラッド層 2 が露出している。露出した n 型 GaN クラッド層 2 上に n 側電極 6 が形成され、p 型 GaN コンタクト層 6 上に p 側電極 7 が形成されている。

【0004】 図 13 は図 12 の発光ダイオードを用いた

LED ランプの構造を示す概略断面図である。図 13 の LED ランプでは、発光ダイオードチップ 10a のサファイヤ基板 1 の裏面が銀ペーストや樹脂等の接着剤 11 でリードフレーム 12 上に接着され、n 側電極 6 がワイヤ 13 でリードフレーム 12 に接続されるとともに、p 側電極 7 がワイヤ 14 で正極端子 15 に接続されている。さらに、発光ダイオードチップ 10a、リードフレーム 12 および正極端子 15 が樹脂レンズ 16 で封入されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 図 12 の従来の発光ダイオードでは、n 型 GaN クラッド層 2 上に n 側電極 6 を設けるために、n 型 GaN クラッド層 2 よりも上の層の面積をサファイヤ基板 1 の面積に比べて小さくする必要がある。そのため、n 型 InGaIn 活性層 3 の面積が小さくなるので発光面積が小さく、光出力が低くなる。それにより、図 12 の発光ダイオードを用いた LED ランプでは、高い発光強度が得られない。

【0006】 また、n 型 InGaIn 活性層 3 で発光した光のうちサファイヤ基板 1 の側へ出射される光は、接着剤 11 で吸収されるために有効に利用されない。

【0007】 本発明の目的は、光出力が向上された半導体発光素子を提供することである。本発明の他の目的は、発光強度が向上された発光ランプを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】 第 1 の発明に係る半導体発光素子は、透光性基板に発光層を含む複数の半導体層が積層され、透光性基板の裏面に発光層により発生された光を反射する反射層が形成されたものである。

【0009】 本発明に係る半導体発光素子においては、発光層により発生された光のうち透光性基板を透過した光が反射層で反射される。それにより、発光層により発光された光が効率良く上方に出射されるので、光出力が向上する。

【0010】 発光層はガリウムおよび亜鉛を含んでもよい。この場合、発光層から紫色から緑色の光が発生される。したがって、高い光出力の紫色から緑色の光が得られる。

【0011】 反射層は金属膜からなってもよい。あるいは反射層は、複数の誘電体層が積層されてなる誘電体反射膜からなってもよい。誘電体反射膜は、第 1 の屈折率を有する第 1 の誘電体層と第 1 の屈折率よりも大きい第 2 の屈折率を有する第 2 の誘電体層とが交互に積層されてなる。それにより、発光層から発生された光が効率良く反射される。

【0012】 また、反射層が凹凸形状を有してもよい。この場合、発光層により発生された光が種々の方向に反射されるので、発光面積が大きくなるとともに、上面か

(3)

特開平 10-270754

ら出射される光の量が多くなり、光出力が高くなる。

【0013】第2の発明に係る発光ランプは、リードフレーム上に半導体発光素子が接着されてなる発光ランプにおいて、半導体発光素子は、透光性基板上に発光層を含む複数の半導体層が積層されるとともに、透光性基板の裏面に発光層により発生される光を反射する反射層が形成されたものである。

【0014】この場合、発光層により発生された光のうち透光性基板を透過した光が反射層により反射される。それにより、発光層により発生された光が効率良く上方に出射されるので、光ランプの発光強度が向上する。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施例におけるGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードの構造を示す模式的断面図である。

【0016】図1において、層厚300μmのサファイヤ基板1上に、層厚約200ÅのAlGa<sub>0.5</sub>Nバッファ層1a、層厚4μmのn側コンタクト層を兼ねるn型Ga<sub>0.5</sub>Nクラッド層2、層厚0.1μmのn型InGa<sub>0.5</sub>N活性層（発光層）3、層厚0.15μmのp型AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層4および層厚0.3μmのp型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層5が順に形成されている。p型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層5からn型Ga<sub>0.5</sub>Nクラッド層2の所定深さまでの一部領域が除去され、n型Ga<sub>0.5</sub>Nクラッド層2が露出している。露出したn型Ga<sub>0.5</sub>Nクラッド層2上にAlからなるn側電極6が形成され、p型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層5上にAuからなるp側電極7が形成されている。

【0017】また、サファイヤ基板1上の裏面にAlからなる金属反射膜8が形成されている。金属反射膜8の形成方法としては、真空蒸着法またはスパッタ法を用いる。真空蒸着法を用いる場合には、真空度を $2 \times 10^{-6}$  Torr程度とし、スパッタ法を用いる場合には、真空度を $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$  Torr程度とする。

【0018】金属反射膜8の膜厚は1000Å以上10μm以下が好ましい。これにより、金属反射膜8を光がほとんど透過せず、かつ金属反射膜8の剥離が生じない。

【0019】本実施例の発光ダイオードでは、n型InGa<sub>0.5</sub>N活性層3により発生された光のうち下方に進む光がサファイヤ基板1を透過し、金属反射膜8で上方に反射される。それにより、発光ダイオードの上面から光が効率良く出射され、光出力が向上する。

【0020】図2は図1の発光ダイオードを用いたLEDランプの構造を示す概略断面図である。

【0021】図2のLEDランプでは、発光ダイオードチップ10の金属反射膜8の裏面が銀ペーストからなる接着剤11でリードフレーム12上に接着されている。また、n側電極6がワイヤ13でリードフレーム12に接続され、p側電極7がワイヤ14で正極端子15に接続されている。さらに、発光ダイオードチップ10、リ

ードフレーム12および正極端子15が樹脂レンズ16で封入されている。

【0022】図2のLEDランプでは、発光ダイオードチップ10の上面から光が効率良く出射されるので、高い発光強度が得られる。

【0023】ここで、図1の構造を有する実施例の発光ダイオードおよび図12の構造を有する比較例の発光ダイオードを作製し、光出力を測定した。実施例の発光ダイオードでは、金属反射膜8の膜厚を3000Åとした。比較例の発光ダイオードでは、サファイヤ基板1の裏面に処理を行っていない。実施例および比較例の発光ダイオードの光出力の測定結果を表1に示す。

【0024】

【表1】

	比較例	実施例
	金属反射膜なし	金属反射膜
光出力 (mW)	0.5~0.7	0.8~1.1

【0025】表1に示すように、実施例の発光ダイオードでは、比較例の発光ダイオードに比べて光出力が60~60%向上した。

【0026】次に、図2の構造を有する実施例のLEDランプおよび図13の構造を有する比較例のLEDランプを作製し、発光強度を測定した。実施例のLEDランプでは、膜厚3000Åの金属反射膜8を有する発光ダイオードチップ10を銀ペースト11でリードフレーム12上に接着した。比較例のLEDランプでは、発光ダイオードチップ10aを銀ペースト11でリードフレーム12上に接着した。実施例および比較例のLEDランプの発光強度の測定結果を表2に示す。

【0027】

【表2】

	比較例	実施例
発光強度 (mW)	1	1.3~1.4

【0028】表2に示すように、実施例のLEDランプでは、比較例のLEDランプに比べて発光強度が30~40%向上した。比較例のLEDランプの発光強度が実施例のLEDランプに比べて低い理由としては、n型InGa<sub>0.5</sub>N活性層3からの光を銀ペーストでは有効に反射できないためである。これに対して、本実施例のLEDランプでは、サファイヤ基板1の裏面に膜状の金属反射膜8を備えているので有効に光を反射できる。

【0029】なお、金属反射膜8の材料としては、Al

(4)

特開平10-270754

の他、Na、Au、Ag、K、Cu、Cr、Rb、Mg、Pd、Al、Ni、Ti等の金属を用いることもできる。

【0030】図3(a)は本発明の第2の実施例におけるGaIn系発光ダイオードの模式的断面図である。図3の発光ダイオードが図1の発光ダイオードと異なるのは、サファイヤ基板1の裏面に金属反射膜8の代わりに多層構造の誘電体反射膜9が形成されている点である。

【0031】図3(b)に示すように、誘電体反射膜9は、SiO<sub>2</sub>からなる第1の誘電体層9aとTiO<sub>2</sub>からなる第2の誘電体層9bとが複数組交互に積層される。本実施例では、10組の第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bが用いられている。誘電体反射膜9の形成方法としては、蒸着法、CVD法(化学的気相成長法)、スパッタ法等を用いる。

【0032】図4は誘電体反射膜9における光の反射の原理を説明するための図である。図4(a)はサファイヤ基板1および誘電体反射膜9を示し、図4(b)はn型InGaIn活性層3により発生される光を示す。また、図4(c)は誘電体反射膜9によりサファイヤ基板1の側に反射される光を示し、図4(d)は誘電体反射膜9を透過する光を示す。

【0033】図4(a)に示すように、サファイヤ基板1の屈折率を $n_s$ とし、第1の誘電体層9aの屈折率を $n_a$ とし、第2の誘電体層9bの屈折率を $n_b$ とする。ここで $n_s > n_a$ 、 $n_b > n_a$ である。また、 $\lambda$ をn型InGaIn活性層3による発光波長とし、第1の誘電体層9aの層厚を $\lambda/4$ とし、第2の誘電体層9bの層厚を $\lambda/4$ とする。

【0034】屈折率の小さい領域を進行する光は、屈折率の大きい領域との界面で反射されるときに位相が $\lambda/2$ ずれる。逆に、屈折率の大きい領域を進行する光は、屈折率の小さい領域との界面で反射されるときに位相がずれない。

【0035】図4(c)において、サファイヤ基板1を透過した光L1が界面91で反射される場合、位相がずれないため、反射光の位相は0となる。サファイヤ基板1および第1の誘電体層9aを透過した光L2が界面92で反射される場合、位相が $\lambda/2$ ずれるため、反射光の位相は界面92で $(3\lambda)/4$ となり、界面91で $\lambda$ となる。サファイヤ基板1、第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bを透過した光L3が界面93で反射される場合、位相がずれないため、反射光の位相は界面93で $\lambda/2$ となり、界面92で $(3\lambda)/4$ となり、界面91で $\lambda$ となる。このように、サファイヤ基板1の側に反射される光の位相は0または $\lambda$ であり、常に同位相となる。

【0036】図4(d)において、サファイヤ基板1、第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bを透過した光L4の位相は、界面93で $\lambda/2$ となる。サファイヤ

基板1および第1の誘電体層9aを透過した光L5が界面92で反射されると、位相が $\lambda/2$ ずれるため、反射光の位相は界面92で $(3\lambda)/4$ となり、その反射光が界面91で反射されると、位相が $\lambda/2$ ずれるため、その反射光の位相は界面91で $(3\lambda)/2$ となり、界面92で $(7\lambda)/4$ となる。その光がさらに第2の誘電体層9bを透過すると、その位相は界面93で $2\lambda$ となる。この場合、光L4および光L5が互いに打ち消し合い、誘電体反射膜9を透過する光がなくなる。

【0037】したがって、第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bの屈折率を考慮しない場合には、第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bの層厚をn型InGaIn活性層3により発生された光の波長 $\lambda$ の4分の1に設定することにより、その光を誘電体反射膜9で反射させることができる。

【0038】第1の誘電体層9aの屈折率 $n_a$ および第2の誘電体層9bの屈折率 $n_b$ を考慮した場合、第1の誘電体層9aの層厚 $d_a$ および第2の誘電体層9bの層厚 $d_b$ は次式を満足するように設定する。

$$d_a = \lambda / (4n_a) \quad \dots (1)$$

$$d_b = \lambda / (4n_b) \quad \dots (2)$$

n型InGaIn活性層3による発光波長 $\lambda$ が470nm、サファイヤ基板1の屈折率 $n_s$ が1.78、第1の誘電体層9aの屈折率 $n_a$ が1.47、第2の誘電体層9bの屈折率 $n_b$ が2.36である場合、上式(1)、(2)から、第1の誘電体層9aの層厚 $d_a$ は約800Åとなり、第2の誘電体層9bの層厚 $d_b$ は約500Åとなる。

【0040】図5は上記の誘電体反射膜9における反射率の計算結果を示す図である。図5に示すように、第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bが1組の場合には、反射率が約41%となり、2組の場合には71%となり、3組の場合には88%となり、4組の場合には95%となる。すなわち、第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bを3組または4組設けることにより、Alからなる金属反射膜8とほぼ同等の反射率が得られる。このように、第1の誘電体層9aおよび第2の誘電体層9bの組数を増加させるに従って、サファイヤ基板1から誘電体反射膜9へ照射する光の反射率が増加する。

【0041】なお、上記実施例では、第1の誘電体層9aとして屈折率1.47のSiO<sub>2</sub>を用い、第2の誘電体層9bとして屈折率2.36のTiO<sub>2</sub>を用いているが、第1の誘電体層9aとして、屈折率1.39のMgO、屈折率1.63のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いてもよく、第2の誘電体層9bとして、屈折率2.1のZnOを用いてもよい。また、第1の誘電体層9aとして、MgF<sub>2</sub>、LaF<sub>3</sub>、NdF<sub>3</sub>、CeF<sub>3</sub>、BaF<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、LiFを用いることもでき、第2の誘電体層9bとして、ZrO<sub>2</sub>、CeO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZnS、Bi<sub>2</sub>O

(5)

特開平10-270754

3、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{KTaO}_3$  を用いることもできる。

【0042】図6(a)は本発明の第3の実施例におけるGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードの模式的断面図である。図6(a)の発光ダイオードが図1の発光ダイオードと異なるのは、サファイヤ基板1の裏面が対称な三角波状(のこぎり刃波状)の凹凸形状に加工され、サファイヤ基板1の裏面に金属反射膜18が凹凸形状に形成されている点である。

【0043】サファイヤ基板1の裏面を凹凸形状に加工するためには、 $\text{CF}_4$  ガスを用いたドライエッチング、蝕液系のエッチング液を用いたウェットエッチング等の化学的加工法またはダイシング用の切削工具を用いた機械的加工法を用いる。

【0044】本実施例の発光ダイオードでは、n型InGa<sub>0.5</sub>N活性層3により発生された光のうちサファイヤ基板1を透過した光が凹凸形状に形成された金属反射膜8で種々の方向に反射される。これにより、発光面積が大きくなり、かつ発光ダイオードの側面から出射される光の量が減少し、上面から出射される光の量が増加する。その結果、光出力が向上する。

【0045】ここで、図6(a)の発光ダイオードの光出力を図1の発光ダイオードの光出力と比較した。本実施例の発光ダイオードでは、サファイヤ基板1の裏面を図6(b)に示すように、対称な三角波状の凹凸形状に加工した。溝の角度 $\theta$ を $45^\circ$ とし、溝の幅Wを $40\mu\text{m}$ とした。また、図1および図8(a)の発光ダイオードの幅Dは $400\mu\text{m}$ とした。その結果、図6(a)の発光ダイオードでは、図1の発光ダイオードに比べて光出力が20%向上した。

【0046】なお、サファイヤ基板1の裏面の凹凸形状は図7(a)に示すように、複数の溝が1方向に形成された形状であってもよい。また、図7(b)に示すように、ピラミッド形状の突起が2次元的に配列されてもよい。さらに、図7(c)に示すように、六角錐形状の突起が2次元的に配列されてもよい。

【0047】図8は本発明の第4の実施例におけるGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードの模式的断面図である。図8の発光ダイオードが図6の発光ダイオードと異なるのは、サファイヤ基板1の裏面に形成された金属反射膜8が非対称な三角波状(のこぎり刃波状)となっている点である。

【0048】本実施例の発光ダイオードでは、図8に矢印で示すように、n型InGa<sub>0.5</sub>N活性層3から発生された光のうちサファイヤ基板1を透過した光が金属反射膜8で反射される。この場合、n側電極6の方向に反射される光の量が多くなる。これにより、従来の発光ダイオードで非発光領域であったn側電極の領域が発光領域となり、発光ダイオードの上面の全体から光が均一に出射される。

【0049】図9は図8の発光ダイオードを用いたLED

ランプの概略断面図である。また図10は図9のLEDランプの指向特性を示す図である。

【0050】図9に示すように、発光ダイオードチップ10は樹脂レンズ16の内部の中心部に配置される。図8の発光ダイオードを用いた場合には、発光ダイオードチップ10の上面の全体から光が均一に出射されるので、出射光の分布が中心軸Sに対して対称になる。それにより、図10に実線で示すように、発光ダイオードチップ10からの発光が中心軸Sに対して対称となる。これに対して、従来の発光ダイオードを用いた場合には、発光ダイオードチップ10aのn側電極6の部分からは光が出射されないで、図10に破線で示すように、発光が中心軸Sに関して対称とならない。

【0051】図11は本発明の第5の実施例におけるGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードの模式的断面図である。図11の発光ダイオードが図6の発光ダイオードと異なるのは、サファイヤ基板1の裏面に形成される金属反射膜8が凹レンズ形状となっている点である。

【0052】本実施例の発光ダイオードでは、n型InGa<sub>0.5</sub>N活性層3により発生される光のうちサファイヤ基板1を透過した光が、金属反射膜8で上方に反射される。この場合、金属反射膜8が凹レンズ形状となっているので、反射される光の大部分が発光ダイオードの上面に集中し、側面から出射する光の量が少なくなる。それにより、発光ダイオードの光出力が向上する。

【0053】図11の発光ダイオードの光出力を図1の発光ダイオードの光出力と比較した。図11の発光ダイオードでは、図1の発光ダイオードに比べて光出力が40%向上した。

【0054】上記実施例では、本発明をGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードに適用した場合を説明したが、本発明は、透光性基板上に形成された他の材料系の発光ダイオード、半導体レーザー素子等の半導体発光素子にも適用することができる。

【0055】また、透過性基板としては、サファイヤ基板の他、SiC基板、MgO基板を用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例におけるGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードの模式的断面図である。

【図2】図1の発光ダイオードを用いたLEDランプの概略断面図である。

【図3】本発明の第2の実施例におけるGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードの模式的断面図である。

【図4】誘電体反射膜における光の反射の原理を説明するための図である。

【図5】誘電体反射膜における光の反射率の計算結果を示す図である。

【図6】本発明の第3の実施例におけるGa<sub>0.5</sub>N系発光ダイオードの模式的断面図およびサファイヤ基板の裏面の凹凸形状を示す図である。

(6)

特開平10-270754

【図7】図6の発光ダイオードにおける金属反射膜の凹凸形状の例を示す平面図である。

【図8】本発明の第4の実施例におけるGaN系発光ダイオードの模式的断面図である。

【図9】図8の発光ダイオードを用いたLEDランプの概略断面図である。

【図10】図9のLEDランプの指向特性を示す図である。

【図11】本発明の第5の実施例におけるGaN系発光ダイオードの模式的断面図である。

【図12】従来のGaN系発光ダイオードの模式的断面図である。

【図13】図12の発光ダイオードを用いたLEDランプの概略断面図である。

【符号の説明】

1 サファイヤ基板

1a AlGaNバッファ層

2 n型GaNクラッド層

3 n型InGaN活性層

4 p型AlGaNクラッド層

5 p型GaNコンタクト層

6 n側電極

7 p側電極

8 金属反射膜

9 誘電体反射膜

9a 第1の誘電体層

9b 第2の誘電体層

10 発光ダイオードチップ

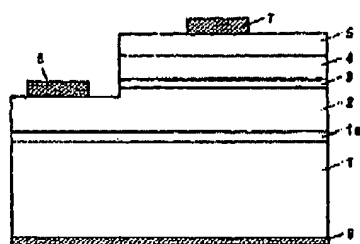
11 銀ペースト

12 リードフレーム

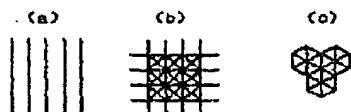
15 正極端子

16 樹脂レンズ

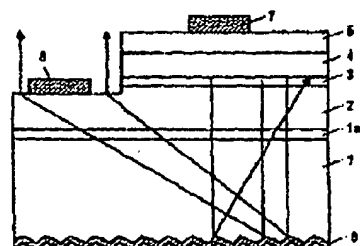
【図1】



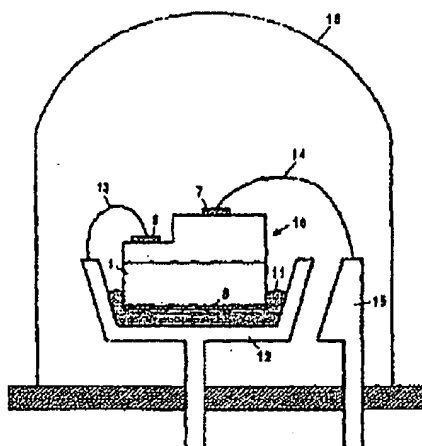
【図7】



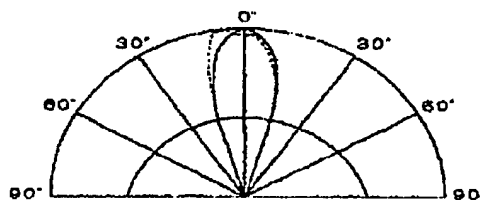
【図8】



【図2】



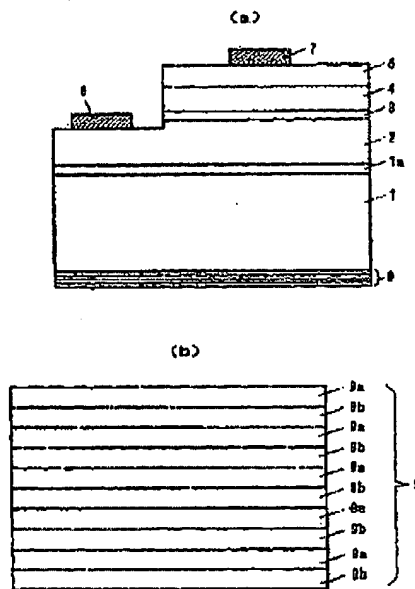
【図10】



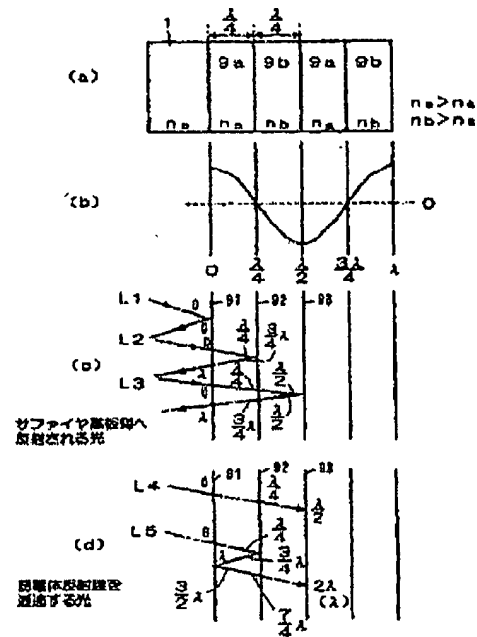
(7)

特開平10-270754

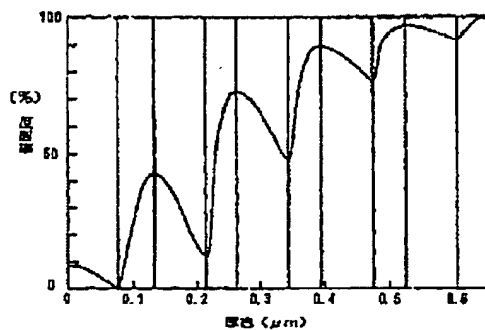
【図3】



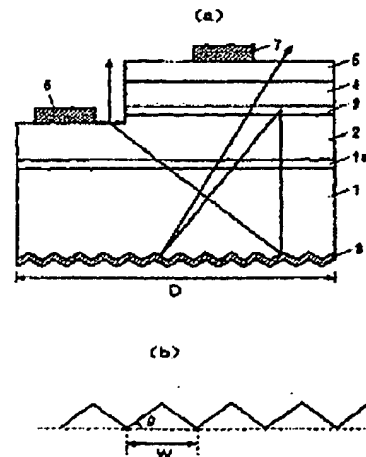
【図4】



【図5】



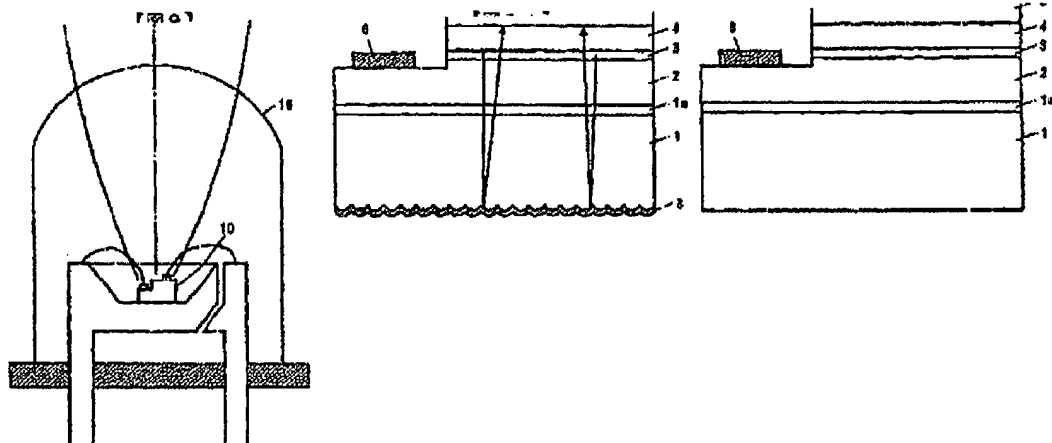
【図6】



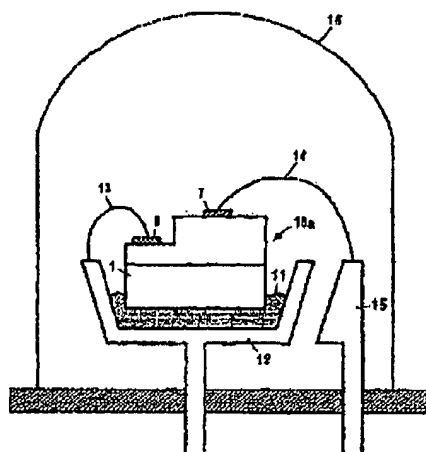


(8)

特開平 10-270754



【図 13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**